

A FITOPLANKTON DIVERZITÁSA ÉS KÜLÖNBÖZŐ TAXONÓMIAI CSOPORTJAINAK SZEZONÁLIS VÁLTOZÁSAI A BALATONBAN

Padisák Judit

Veszprémi Egyetem, Biológiai Intézet, Veszprém

Összefoglalás. Jelen kutatásban a Balaton fitoplanktonjának fajösszetételét és biomasszáját vizsgáltuk Keszthelynél és Tihanynál január-februártól október végéig, valamint a tó hossz tengelyének 5 standard mintavételi pontján május és október között. A fitoplankton bimodális szezonális dinamikát mutatott tavaszi diatóma és nyári-őszi Cyanoprokaryota dominanciával. A trofitási gradiens a Szigligeti-medence keleti felére tehető. Jelentős kompozíciós diverzitás különbségek a tóban 2001-ben nem voltak. Figyelmet érdemel a hosszantartó tisztavízes fázis. A Balaton fitoplanktonjának 2001-es adatai a rekonstrukciós beavatkozások kedvező hatását mutatják.

Bevezetés

A fitoplankton fajok a Balatont érő szerves tápanyagok - mindenekelőtt a foszfor - elsődleges, gyors reakcióképességű hasznosítói. Fajaik száma 500 körüli, ezek előfordulása, mennyisége és főbb csoportjaik relatív biomassza-részesedése a tavat érő szinte minden klimatikus vagy antropogén hatást igen gyorsan jelez. Részletes minőségi és mennyiségi adatokkal a tó tihanyi térségére vonatkozóan mintegy 70 éve, a keszthelyi térségre pedig mintegy 50 éve rendelkezünk.

1992. és 1996. között az OTKA támogatásával végeztünk rendszeres mennyiségi és minőségi fitoplankton vizsgálatokat a Balatonon (Keszthelynél és Tihanynál), majd 1996-1998-ban a MEH támogatásával. Ezekben az években a kutatások a Balaton hossz tengelyén elhelyezkedő standard mintavételi szelvényekre (M, K, G, A, E), és az azokon elhelyezkedő kereszt-szelvények 5-5 pontjára is kiterjedtek. Ezen vizsgálatok alapvetőek a Balaton állapotának, vízminősége várható alakulásának prognosztizálásában (Padisák és Istvánovics 1997, Padisák és Reynolds 1998, Padisák és Koncsos, megjelenés alatt).

A 2001-es felmérések célja volt, hogy a hosszú távú adatsor folytatásaképp képet kapjunk a Balaton fitoplanktonja minőségi és mennyiségi változásairól térben és időben egyaránt 2001-ben.

Anyag és módszer

A gyűjtések időpontjai 2001-ben a következők voltak:

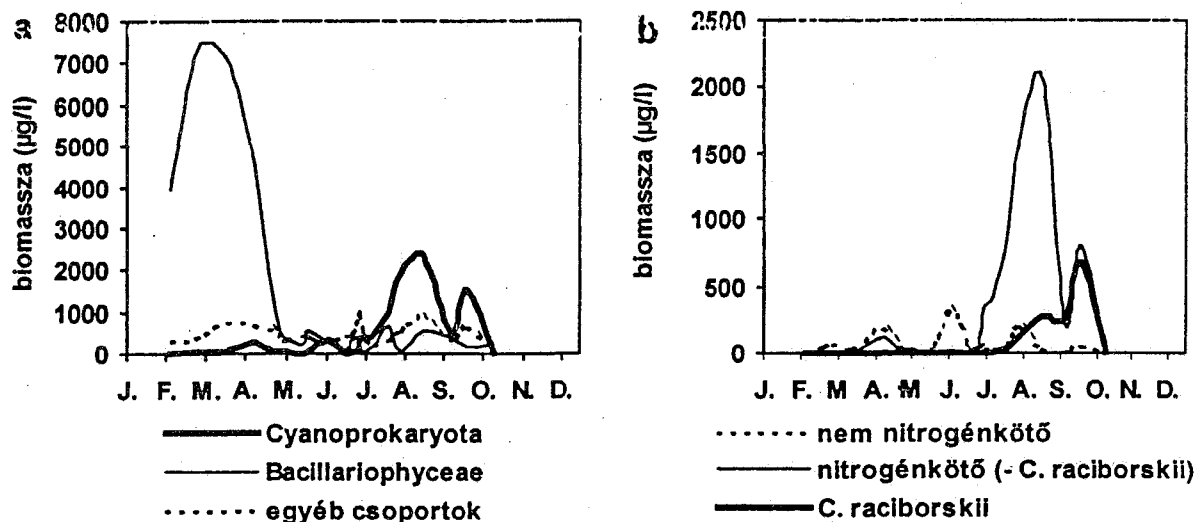
- a) Balaton, Keszthelyi medence: január 22; február 21, 26; március 19, 20, 27; április 3, 10, 17, 24; május 2, 8, 15, 22, 24, 29; június 5, 12, 19, 26; július 3, 10, 11, 17, 24, 25, 31; augusztus 8, 14, 21, 22, 28; szeptember 4, 11, 12, 18, 25; október 9, 15, 26.
- b) Balaton, Tihany térsége, nyíltvíz: február 5, 26; március 19; április 4, 24; május 19, 22; június 7, 20, 26, 30; július 3, 11, 24; augusztus 3, 21; szeptember 11, 24; október 15;
- c) A hossz-szelvény vizsgálatok időpontjai: május 4, 24; június 24; július 5, 19; augusztus 3, 23; szeptember 11; október 1, 26. Ezen vizsgálatok alkalmával a Balaton 5 standard mintavételi szelvényének (M, K, G, A, E) középpontján (M3, K3, G3, A3 és E3) vettünk mintát. Ezen pontok \pm egyenletesen oszlanak el a tó hossz tengelye mentén, így a nyugati medencében a 3 – Keszthely felől indulva: M3, K3 és G3 – a keleti medencében pedig kettő – A3 és E3 – helyezkedik el.

A vízmintákat csőmintavevővel vettük, vagyis az adatok az egész vízoszlopot reprezentálják. Mintavétel után azokat Lugol-oldattal tartósítottuk. Az algaszámolást Zeiss Axiovert 100 gyártmányú inverz planktonmikroszkóppal végeztük, a becslési hiba $< \pm 10\%$ (Lund és munkatársai 1958). A biomasszát az adott algához leginkább hasonlító mértani test térfogatának és a faj egyedszámának szorzataként kalkuláltuk, 1-nek véve az algák fajlagos sűrűségét. A számláláshoz és a biomassza becsléshez Hamilton (1990) „counter” programját használtuk. A módszerek részletes leírása metodikai közleményeinkben (Padisák és munkatársai 1999, Padisák és Adrian 1999) megtalálható. A diverzitást a fajok biomasszájából becsültük Shannon-Weaver (Shannon és Weaver 1949) függvény alapján.

Eredmények

A fitoplankton biomasszája a Balaton tihanyi térségében 2001-ben erőteljesen bimodális jelleget mutatott, magas tavaszi és nyárvégi értékekkel (1a. ábra). A tavaszi maximum több mint kétszeresen meghaladta a nyári csúcserőértéket, mely a Balaton eutrofizálódást megelőző időszakában is jellemző volt, s általában is „oligotrófikus” jellemvonás. A tavaszi alga biomassza jó részét a Centrales csoportba tartozó kovaalgák (elsősorban *Cyclotella radiosa* és *C. ocellata*) adták. A nyárvégi biomassza maximum idején a heterocitás cyanoprokaryota

(Nostocales) csoport volt a legjelentősebb, a *Cylindrospermopsis raciborskii* biomasszája nem volt jelentős (1.b. ábra)



1. ábra, a. A fitoplankton főbb csoportjai (Bacillariophyceae Cyanoprokaryota, egyéb csoportok) biomasszájának ($\mu\text{g l}^{-1}$) alakulása valamint

b. a Cyanoprokaryota törzs funkcionális egységeinek (nem nitrogénkötő algák, nitrogénkötők a *Cylindrospermopsis raciborskii* kivételével, *C. raciborskii*) biomasszája ($\mu\text{g l}^{-1}$) a Balaton tihanyi térségében 2001 folyamán

A fitoplankton biomasszája a Balaton Keszthelyi-medencéjében 2001-ben úgyszintén erőteljesen bimodális jelleget mutatott, magas tavaszi és nyárvégi értékekkel (1. ábra). A tavaszi alga biomassza jó részét a Centrales csoportba tartozó kovaalgák (elsősorban *Cyclotella radiosa* és *C. ocellata*) adták. A nyárvégi biomassza maximum idején a heterocitás cyanoprokaryota (Nostocales) csoport volt a legjelentősebb. Egyéb csoportok ebben az évben nagyobb biomassza részesedést csak azokban az időszakokban értek el, amikor a fenti két csoport biomasszája elenyésző volt, vagyis a vegetációs periódus végén, valamint a két nagy biomassza csúcs közti ún. "tisztavizes" időszakban (clear water phase; c. f. Sommer *et al.* 1986). A Balaton eutrofizálódása ill. rekonstrukciója szempontjából különös figyelem illeti a Cyanoprokaryota szervezeteket. Egy korábbi tanulmányunkban kimutattuk (Padisák & Istvánovics 1997), hogy ezek ökológiai szempontból nem viselkednek homogén módon, ezért célszerű legalábbis három csoportra bontásuk (1.b. ábra)

a) nem N_2 kötő szervezetek (2001-ben: *Aphanocapsa* sp., *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Snowella*

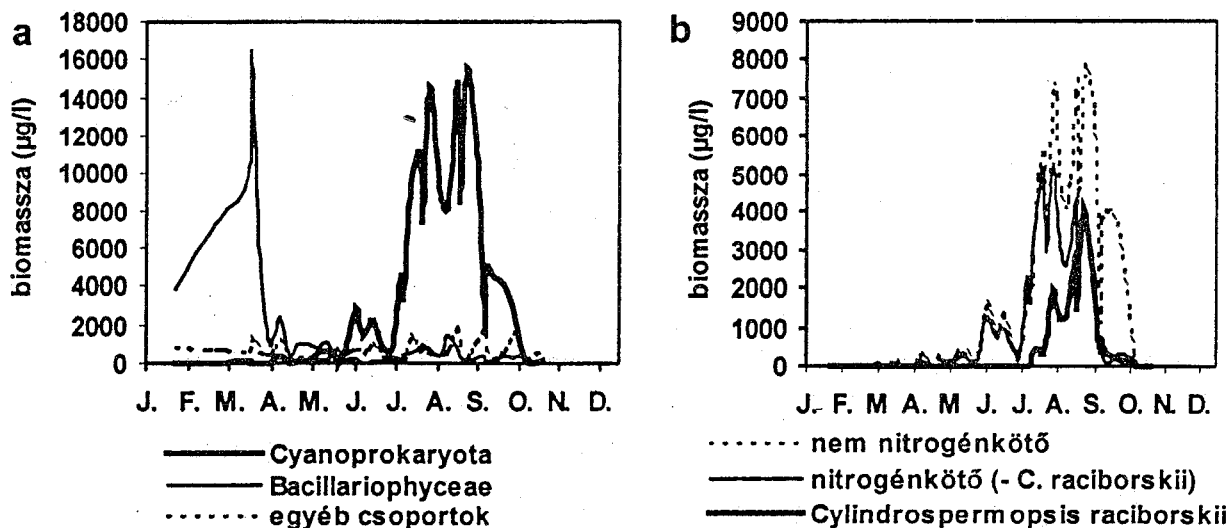
lacustris, *Planktolyngbya contorta*, *P. limnetica*, *Limnothrix planktonica*, *L. redekei*, *Planktothrix agardhii*, *Romeria* sp., egyéb meghatározatlan Oscillatoriales)

- b) N₂ kötő szervezetek (2001-ben: *Aphanizomenon aphanizomenoides*, *A. issatschenkoi*, *A. klebahnii*, *A. flos-aquae*) kivéve a *Cylindrospermopsis raciborskii*-t és
- c) *Cylindrospermopsis raciborskii*.

Éves átlagokat tekintve az *Aphanizomenon klebahnii* volt a leghatározóbb faj. Ez a szervezet az eredeti balatoni fitoplankton meghatározó heterocitás Cyanoprokaryota faja (Tamás Gizella közleményeiben *A. flos-aquae* f. *klebahnii* néven szerepel), sajnos a legutóbbi szakirodalom nem különíti el a tőfajtól. Ez azért problematikus, mert ez a szervezet az *A. flos-aquae*-val ellentétben nem okoz felszíni vízvirágzásokat (azok pl. közegészségügyi következményeivel együtt), ha nagyobb mennyiségben is fordul elő, a fonalak a vízben szuszpendáltak maradnak csakúgy, mint a *Cylindrospermopsis raciborskii* fonalai. Ez utóbbi szervezet éves átlagos biomasszája alacsonyabb, viszont a maximuma magasabb volt. Ez az adat jelzi azt, hogy a *C. raciborskii* potenciálisan még mindig a legfőbb "vízvirágzás-veszély" okozó: igen hamar tud nagy maximális biomasszát elérni. A heterocitás fajok ill. A *C. raciborskii* időbeli adataiból kitűnik, hogy az eddig tapasztaltaknak megfelelően előbb az egyéb fajok biomasszája növekedett, s csak aztán ezé a fajé. Külön figyelmet érdemel a *Planktothrix agardhii* relatíve magas biomasszája. Ez a faj az "eredeti" Balaton flórájában nem fordult elő, akkor jelent meg, amikor a Kis-Balaton tározó I. ütemét üzembe helyezték és az "algásvíz" szabadon áramlott a Balatonba. Ebben az időben a terhelési N/P arány jóval magasabb volt, mint később (Padisák & Istvánovics 1997), tehát a fajt akár a jó nitrogénellátottság indikátorának is tekinthetjük. Fiziológiai sajátosságait tekintve igen hasonló a *C. raciborskii*-hoz (árnyéktűrése még jobb is), kivéve, hogy hidegebb víz hőmérsékletek esetén is képes magas biomassza elérésére. Relatíve magas átlagos és maximális biomassza értékeinek kialakulásában valószínűleg a szeptemberi kifejezetten hideg időjárás játszott szerepet.

Tekintve, hogy az utóbbi években a Balaton Keszthelyi-medencéje jelentős huminanyag terhelésnek volt kitéve (a KBVR II.-ből érkező lápvíz), a trendek szempontjából fontos az ostoros és nem ostoros

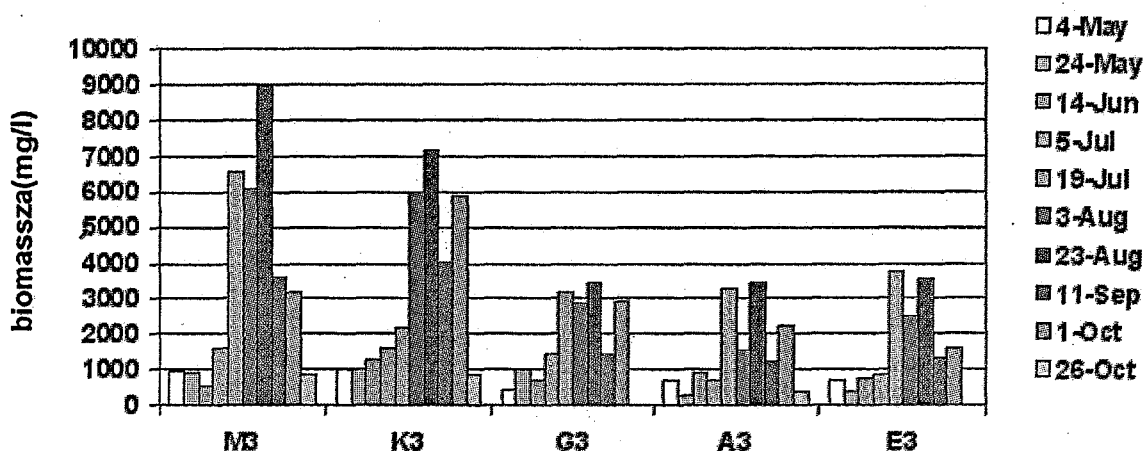
szervezetek aránya, tekintve, hogy az ostorosak többsége mixotróf, azaz heterotróf és autotróf táplálkozásra is képes. Emiatt szerves terhelés esetén az ostorosok előretörése prognosztizálható, ami a hosszútávú adatsorokon ki is mutatható (Padisák & Koncsos, in press). 2001-ben a Balaton Keszthelyi-medencéjében ostoros szervezetek egész évben jelen voltak, biomassájuk azonban nem volt jelentős. Ez vonatkozik a Balaton jellegzetes fajára, a *Ceratium hirundinella*-ra, melynek maximális egyedszáma (16100 ind/l) kifejezetten alacsonynak mondható az előző évek adataihoz képest.



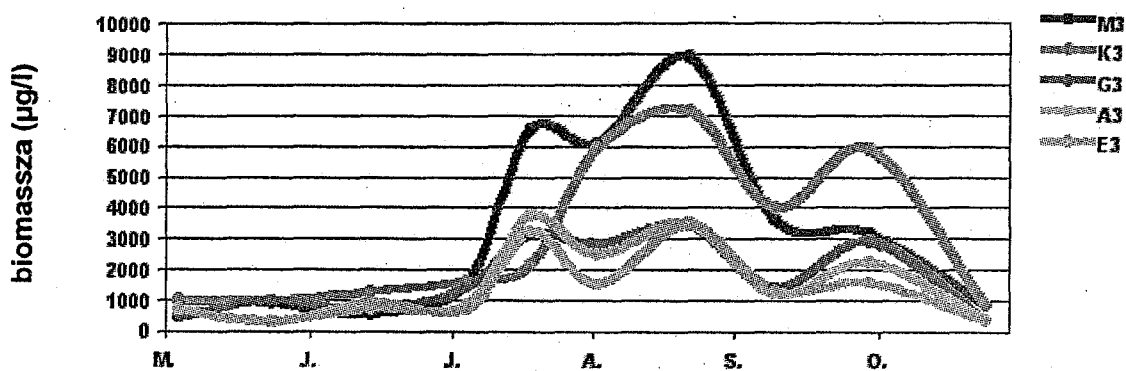
2. ábra, a. A fitoplankton főbb csoportjai (Bacillariophyceae Cyanoprokaryota, egyéb csoportok) biomasszájának ($\mu\text{g l}^{-1}$) alakulása valamint

b. a Cyanoprokaryota törzs funkcionális egységeinek (nem nitrogénkötő algák, nitrogénkötők a *Cylindrospermopsis raciborskii* kivételével, *C. raciborskii*) biomasszája ($\mu\text{g l}^{-1}$) a Balaton Keszthelyi-medencéjében 2001 folyamán

A hossz-szelvény vizsgálatok májusban kezdődtek, ezért ezeken az adatsorokon a tavaszi diatóma maximum nem jelenik meg. A tó trofitási szempontból két tájra tagolható, melynek határa azonban nem esik egybe a Tihanyi-félsziget által geográfiailag adódó határral. Elkülönül a keszthelyi és a szigligeti tórész.



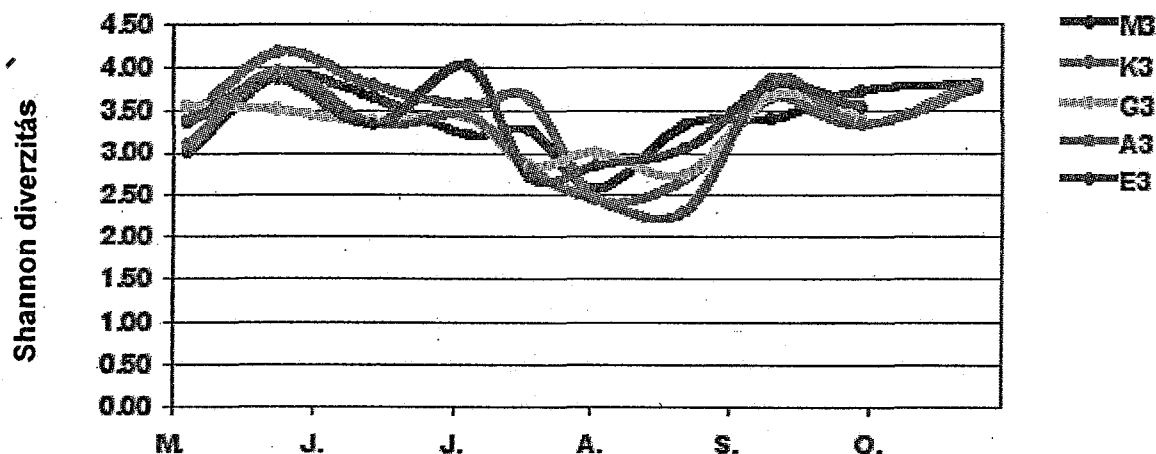
3. ábra. A fitoplankton biomassza ($\mu\text{g l}^{-1}$) térbeli alakulása a Balaton 5 standard mintavételi pontján 2001 folyamán



4. ábra. A fitoplankton biomassza ($\mu\text{g l}^{-1}$) időbeli alakulása a Balaton 5 standard mintavételi pontján 2001 folyamán

A maximális biomassza adat határozottan magasabb a Keszthelyi-medencében, az éves átlagadatok közt viszont nincs lényeges különbség. Egységesen alacsony fitoplankton biomassza adatokat találtunk a Szigligeti-medencétől keletre eső tóterületeken, emiatt a trofitási választóvonal ebben az évben a Szigligeti-medence keleti felén alakult ki. (3. ábra). Minden tórészen kialakult július elején egy nyári maximum, mely a három keleti mintavételi ponton 2 hónapon át nem haladta meg a 4 mg l^{-1} értéket, a két nyugatin viszont $7-9 \text{ mg l}^{-1}$ értéknél tetőzött. E maximum kialakulását megelőzően ill. lecsengését követően a tóban egységesen alacsony biomassza értékeket regisztráltunk mindamellett,

hogy a trofitási gradiens minden mintavételi időpontban kimutatható volt (4. ábra).



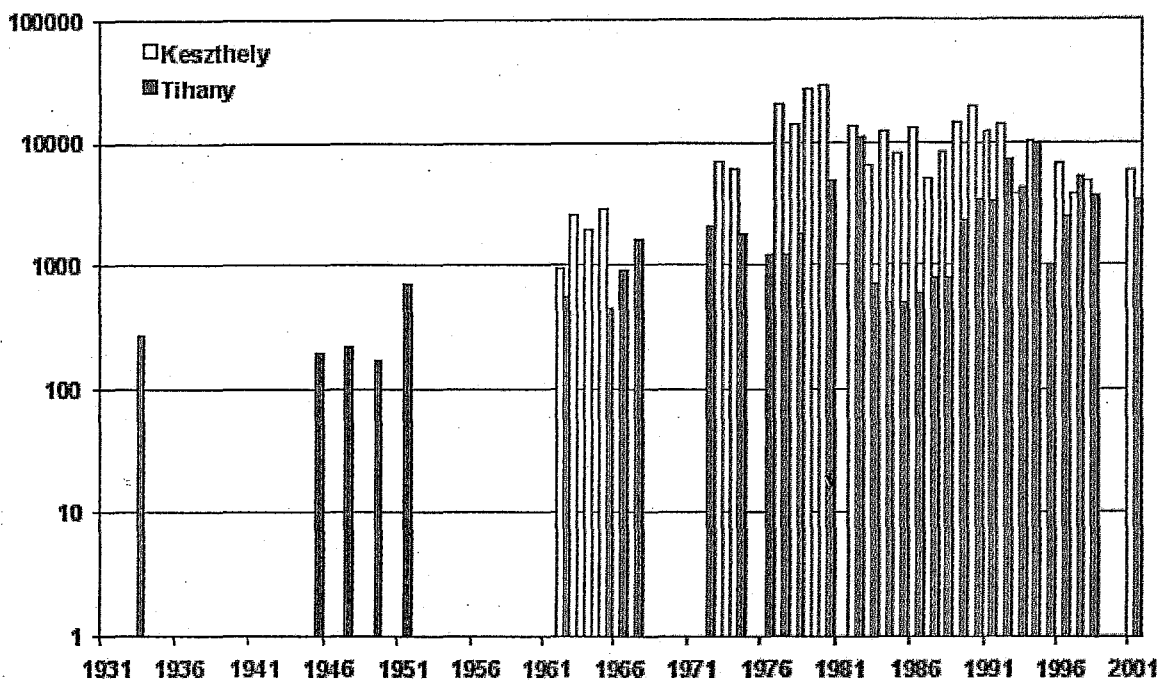
5. ábra. A fitoplankton kompozíciós diverzitása (Shannon függvény, \log_2) időbeli alakulása a Balaton 5 standard mintavételi pontján 2001 folyamán

A Shannon-diverzitás időbeli alakulását (5. ábra) tekintve megállapítható, hogy minden mintavételi ponton július-augusztusi minimum alakult ki, de a trofitási gradienshez hasonló konzekvens térbeli gradiens nem volt megfigyelhető. Az adatok részletes analízise azt mutatta, hogy a diverzitás alakulását alapvetően az egyenletesség és nem a fajsza szám határozta meg.

Következtetések, javaslatok

Az 1995-ös év óta a Balatonon az egész tóra kiterjedő vízvirágzás nem volt, a fitoplankton több mutatója, így az éves átlagos biomassa is egyértelműen mutatta a vízminőség javulását. Ez markánsabban mutatkozott meg a Keszthelyi-medencében, mint a tihanyi tórészen. A 2001-es adatok hosszútávú trendbe illesztése provizórikus, tekintve, hogy e jelentés leadásának időpontjában a novemberi és decemberi (valószínűleg alacsony) biomassa értékeket a számításoknál nem lehet figyelembe venni. Mindezeket előrebecsátva elmondható, hogy a 2001-es év biomassa átlagadatai nem tértek el jelentősen az 1995-től jellemző átlagadatokról. Megállapítható az is, hogy a tóban jelentősen csökkent a trofitási gradiens, azaz a két tórész adatai nem térnek el egymástól olyan nagy mértékben, mint a rekonstrukciót megelőző időszakban, ill. annak első éveiben (6. ábra). Lényegi különbségek vannak viszont a

Cyanoprokaryota csoport összetételében a két, trofitás szempontjából eltérő törészen.



6. ábra. A fitoplankton biomassa ($\mu\text{g l}^{-1}$; logaritmus skála) éves átlagának alakulása a Balaton keszthelyi- és tihanyi térségében 1933-tól 2001-ig

A *Planktothrix agardhii* jelentős mennyisége a nyugati részen valamint az *Aphanizomenon klebahnii* dominanciája a többi részen felveti a N-háztartás jelentős eltéréseinek lehetőségét. A tóban kialakult hosszú, tisztavizes állapot mindenképp indokolja a szűrési ráták kísérletes vizsgálatát, s általában a trofikus kapcsolatokra vonatkozó ismeretek bővítését.

Irodalom

- Hamilton, P.B. (1990) The revised edition of a computerized plankton counter for plankton, periphyton and sediment diatom analyses. *Hydrobiologia*, 194, 23-30.
- Lund, J.W.G., C. Kipling, & Lecren, E.D. (1958) The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. - *Hydrobiologia* 11: 143-170.
- Padisák, J., & R. Adrian (1999) Chapter 5. 1, Biovolumen. In Tümping, W. & G. Friedrich (editors) *Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung 2. Biologische Gewässeruntersuchung*: 334-367. Gustav Fischer Verlag, Jena.

- Padisák, J. & V. Istvánovics (1997) Differential response of blue-green algal groups to phosphorus load reduction in a large shallow lake: Balaton, Hungary. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 574-580.
- Padisák, J. & L. Koncsos (in press) Trend and noise: long-term changes of phytoplankton in the Keszthely-Basin of Lake Balaton, Hungary. – *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28.
- Padisák, J., L. Krienitz & W. Scheffler (1999) Chapter 3.6.1., Phytoplankton. In Tümping, W. & G. Friedrich (editors) *Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung 2. Biologische Gewässeruntersuchung*: 35-52. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Padisák, J. & C. S. Reynolds (1998) Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia* 384: 41-53.
- Shannon, J. & W. Weaver (1949): *The mathematical theory of communication*. - Univ. Illinois Press, Urbana, Ill. 117 pp.
- Sommer U, Gliwicz M, Lampert W & Duncan A. (1986) The PEG model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Archiv für Hydrobiologie* 106: 433-471.